

**PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE DISTRIBUCION DE PLANTA DE LA
EMPRESA SECAM J.R. MEDIANTE UN SOFTWARE O UN APLICATIVO DE
SIMULACIÓN**

NICOLAS PANQUEVA RADA

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
ALTERNATIVA INVESTIGACIÓN
BOGOTÁ D. C.
2018**

**PROPUESTA DE MEJORAMIENTO DE DISTRIBUCION DE PLANTA DE LA
EMPRESA SECAM J.R. MEDIANTE UN SOFTWARE O UN APLICATIVO DE
SIMULACIÓN**

NICOLAS PANQUEVA RADA

**Trabajo de Grado para optar por el título de
Ingeniero Industrial**

**Director:
Hernando Castro**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
ALTERNATIVA INVESTIGACIÓN
BOGOTÁ D. C.
2018**



Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:
Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

Para leer el texto completo de la licencia, visita:
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra
hacer obras derivadas

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

NOTA DE ACEPTACIÓN

PRESIDENTE DEL JURADO

JURADO

JURADO

Bogotá D.C., noviembre, 2018

CONTENIDO

	Pag.
INTRODUCCIÓN	10
1.GENERALIDADES	11
1.1ANTECEDENTES	11
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
1.2.1 Descripción del problema.	12
1.2.2 Formulación del problema.	13
1.3 OBJETIVOS	13
1.3.1 Objetivo general. .	13
1.3.2 Objetivos específicos.	13
1.4 JUSTIFICACIÓN	13
1.5 DELIMITACIÓN	14
1.5.1 Espacio	14
1.5.2 Alcance.	14
1.6 MARCO REFERENCIAL	15
1.6.1 Marco teórico.	15
1.6.1.1 Cadena de valor.	15
1.7 METODOLOGÍA	16
1.7.1 Tipo de estudio	16
1.7.2 Fuentes de información.	16
1.7.2.1 fuentes primarias	16
1.7.2.2 fuentes secundarias.	17
1.8 DISEÑO METODOLÓGICO	17
1.8.1 Análisis de los eslabones de los procesos (fase 1)	17
1.8.2 Variables más influyentes (fase 2)	17
1.8.3 Selección de aplicativo o software de simulación (fase 3)	17
1.8.4 propuesta de mejora de la distribución de la planta de SECAM JR EU (fase 4)	17
2. ANALISIS DE LOS ESLABONES DE LOS PROCESOS	18
2.1 ALMACENAMIENTO	18
2.2 APROVECHAMIENTO	22
2.3 ALMACENAMIENTO DEL PRODUCTO FINAL	23
3. VARIABLES MAS INFLUYENTES	24
3.1 FORMULACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	24

3.2 RECOLECCIÓN DE DATOS Y SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA	24
4. SELECCIÓN DE APLICATIVO O SOFTWARE DE SIMULACION	31
5. PROPUESTA DE MEJORA DE LA DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA DE SECAM JR EU.	38
CONCLUSIONES	45
RECOMENDACIONES	46
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	<i>47</i>

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Volumen en toneladas de materiales de construcción utilizados en Colombia	19
Figura 2. Grafico resumen RCD, disposición final, tratamiento y aprovechamiento, total Bogotá	20
Figura 3. Caracterización aproximada de los RCD en Bogotá	21
Figura 4. Entidades que utilizan los RCD en Colombia Fuente. Secam JR. EU	22
Figura 5. Diagrama de los procesos operativos de la planta de aprovechamiento de SECAM JR. EU.	23
Figura 6. Primera sección la distribución de planta SECAM JR	25
Figura 7. Segunda sección cadena de suministro SECAM JR.	26
Figura 8. Final producto terminado SECAM JR	27
Figura 9. Máquina trituradora output (626 unidades) SECAM JR	28
Figura 10. Perimetral lote SECAM JR	29
Figura 11. Perimetral con la distribución del lote de SECAM JR	30
Figura 12. Cuadro de expertos	31
Figura 13. Temas para la selección de respuestas de los expertos.	32
Figura 14. Calificativos.	33
Figura 15. Respuestas del experto (Jhon Edward}	33
Figura 16. Respuestas del experto (Justo Pastor)	34
Figura 17. Respuestas del experto (Diego Gómez)	35
Figura 18. Respuestas del experto (Carlos Vásquez)	36
Figura 19. Resultados.	37
Figura 20. Simulación mejorada sección 1 SECAM JR.	39
Figura 21. Simulación mejorada segundo punto de acopio SECAM JR.	40
Figura 22. Simulación mejorada producto arena de río SECAM JR.	40
Figura 23. Simulación mejorada producto piedra SECAM JR.	42
Figura 24. Simulación sección clave mejorada SECAM JR.	44

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.Capacidad de la trituradora vs tiempo estimado	23
Cuadro 2. Recorridos antiguos cadena de suministro	38
Cuadro 3.Costos de maquinado de la zaranda	42
Cuadro 4. Costos de maquinado de la trituradora	42
Cuadro 5. Resumen de la mejora de producción en la cadena de suministro	44

GLOSARIO

ALMACENAMIENTO RCD: Es la ubicación temporal de los RCD en recipientes, contenedores y/o depósitos para su recolección y transportes con fines de aprovechamiento o disposición final.

APROVECHAMIENTO DE RCD: Es el proceso que comprende la reutilización, tratamiento y reciclajes de los RCD, con el fin de reincorporarlos al ciclo económico.

CONTEXTO DE UNA ORGANIZACIÓN: Comprender el contexto de una organización es un proceso. Este proceso determina los factores que influyen en el propósito, objetivos y sostenibilidad de la organización. Considera factores internos tales como los valores, cultura, conocimiento y desempeño de la organización. También considera factores externos tales como entornos legales, tecnológicos, de competitividad, de mercados, culturales, sociales y económicos.

DISTRIBUCIÓN DE PLANTA: Dentro del proceso de organización racional de la producción que se impone en nuestros mercados para lograr calidades y precios competitivos, ocupa un lugar destacado la distribución en planta. Porque, esencialmente, tiende a evitar gastos innecesarios de mano de obra y de espacio, factores de poca importancia en las economías subdesarrolladas, pero, muy significativos en los países que se proponen alcanzar o han logrado la estabilidad.

PROCESO: La organización tiene procesos que pueden definirse, medirse y mejorarse. Estos procesos interactúan para proporcionar resultados coherentes con los objetivos de la organización y cruzan límites funcionales. Algunos procesos pueden ser críticos mientras que otros pueden no serlo. Los procesos tienen actividades interrelacionadas con entradas que generan salidas.

PRODUCCIÓN: Es la creación de un bien o servicio mediante la combinación de factores necesarios para conseguir satisfacer la demanda del mercado.

RCD: Son todos los residuos de construcción y demolición generados a partir de una actividad de obra civil.

SOFTWARE DE SIMULACIÓN: Una simulación por computadora, un modelo de simulación por computador o un modelo informatizado es un programa informático o una red de ordenadores cuyo fin es crear una simulación de un modelo abstracto de un determinado sistema.

INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción ha tenido un auge importante en los últimos años, lo cual, obliga a las empresas a estructurar cada uno de los procesos que se involucran, con el fin de minimizar gastos y aumentar la eficiencia.

La implementación de software de modelación se hace necesaria para sistematizar los procesos y manejar una gama más amplia de alternativas a la hora de tomar decisiones, implementar correctivos y mejorar tiempos.

Mediante la implementación de tecnologías se realiza un control adecuado de cada una de las etapas que componen el almacenamiento, aprovechamiento y disposición final, estas son el enlace de los procesos de la organización, con el fin de poder identificar etapas críticas y tomar las medidas necesarias.

Estas mejoras dentro de una empresa se traducen en disminución de costos operacionales, y un mejor control administrativo de la organización, lo cual, es fundamental en proyectos de construcción donde se manejan procesos de alta complejidad, y los errores operacionales incurren en elevados sobrecostos.

En el presente documento, se tomó como referencia el proceso de almacenamiento, aprovechamiento y disposición final, materia, y con la ayuda del software, se simularon cada una de las etapas de esta actividad, identificando como procesos críticos aquellos que conllevaban a labores o gastos operacionales innecesarios, proponiendo las mejoras pertinentes; adicionalmente, se hace breve descripción del software, donde se resalta las principales herramientas y funciones, así como las ventajas de su adecuada implementación.

1. GENERALIDADES

1.1. ANTECEDENTES

SECAM JR, la cual es una organización que está dentro del sector de la construcción y dentro de sus actividades está la trituración de material de escombros para ser nuevamente reprocesado e incorporarse nuevamente a los procesos de infraestructura.

La búsqueda de una mejora continua dentro de los procesos de SECAM parte por la globalización del mundo y grandes avances en sus competidores lo que ha hecho que la organización empiece a establecer y utilizar profesionalismo en sus procesos.

Se ha hecho una búsqueda de estudios similares a la problemática planteada con el fin de tener conocimientos externos hacia dicha aplicación llegando a una permitida profundización de los conceptos utilizados para el planteamiento de una simulación de una distribución de planta; en primer lugar, podemos hablar de una primera investigación que corresponde a José L. Calderón y Francisco C. Lario el cual hacen referencia a “Simulación de cadenas de suministro: Nuevas Aplicaciones y Áreas de Desarrollo” en el cual “el objetivo es brindar una revisión crítica para quienes empiezan su investigación en esta área o están interesados en la simulación como herramienta para mejorar la distribución de planta en los niveles estratégico, táctico y operativo. Selecciona 40 artículos en función de sus nuevos enfoques y aplicaciones, y los clasifica según ocho criterios: objetivos, tipo de análisis, etapas de la distribución de planta abarcadas, procesos simulados, grado de detalle de cada eslabón, simulación del nivel estratégico, tipo de modelo de simulación, y simulación de modelos de evento discreto. El trabajo concluye determinando nueve áreas de desarrollo de los nuevos enfoques y aplicaciones, de las cuales los sistemas multi-agentes y las estrategias de colaboración y coordinación son los más empleados y estudiadas”¹

Se hace referencia a una segunda investigación que corresponde a Ma. de Lujan Betria y Luis P. Lara a través de su investigación “SIMULACIÓN DE UNA CADENA DE ABASTECIMIENTO” cuenta con la explicación “El objetivo de este trabajo es el estudio del comportamiento dinámico del nivel de inventarios en una cadena de abastecimiento con recolección de los ítems utilizados. A través de la Dinámica industrial, se propone un modelo matemático conformado por ecuaciones

¹ CALDERON, José y LARIO, Francisco, Simulación de cadenas de suministro: Nuevas Aplicaciones y Áreas de Desarrollo. 2007. Vol. 1, pag. 6.

diferenciales que relacionan los niveles de inventarios y los flujos entre ellos. El modelo constituye una herramienta de simulación experimental que puede ser utilizada bajo diferentes condiciones del sistema.”²

Por último, una última investigación que corresponde a Beatriz Andrés, Raquel Sanchis, Raul Poler, dando nombre a su investigación “Modelado y Simulación de la Cadena de Suministro con AnyLogic” en el cual tratan temas sobre “En este artículo se presenta una herramienta de software AnyLogic , para el modelado y simulación de la Cadena de Suministro (CS) proporcionando ayuda a la toma de decisiones a través de la simulación de escenarios de un mismo modelo de CS. AnyLogic da soporte a las metodologías de simulación más conocidas: sistemas de eventos discretos, dinámica de sistemas y modelado de agentes. Este artículo se centra en el contexto de dinámica de sistemas permitiendo la simulación de dos tipos de CS: colaborativa y no-colaborativa. Finalmente, se presenta un ejemplo ilustrativo en AnyLogic que permite comparar los dos modelos de CS (i) no-colaborativa vs. (ii) colaborativa, caracterizada por un modelo de Inventario Administrado por el Proveedor (en inglés Supplier Managed Inventory, SMI), en la que existe colaboración entre el proveedor y el fabricante de la CS.”³

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1. Descripción del problema. SECAM JR como empresa interesada en mantener estándares de calidad, funcionamiento y cumplimiento hacia el cliente, que puedan estar a la altura de la competencia en el sector de la venta de materiales para construcción, debe mantener en su estructuración una buena planificación, coordinación y organización, orientada hacia la generación de conocimiento e información compartida para su implementación en los procesos, todo esto por medio de herramientas innovadoras y de rápida aplicación.

La empresa SECAM J.R. cuenta con un planteamiento hacia la distribución de planta en la producción de sus materiales para construcción dado esto se encuentra una gran problemática en los tiempos, distancias y ubicación esto conlleva a tener

² BETRIA, Lujan y LARA, Luis, SIMULACIÓN DE UNA CADENA DE ABASTECIMIENTO. 2015, vol. 1, pag. 8.

³ Beatriz Andrés, Raquel Sanchis, Raul Poler, Modelado y Simulación de la Cadena de Suministro con AnyLogic, 2016, vol. 2, pag 13.

sobre costos en sus procesos productivos ya que los rendimientos de los mismos se catalogan ineficientes por motivo de no cumplimiento de la demanda requerida.

Se considera realizar una mejora a través de herramientas tecnológicas contemplando alternativas importantes en la cadena donde se realizan las actividades ya descritas anteriormente.

Tomando variables de decisión, ubicación o selección de las instalaciones contempladas erróneas que puedan ser posibles candidatos a ser nuevamente reubicados con la finalidad de sostener una mejora en la cadena.

Se tendrá la ayuda para la toma de decisiones por parte de un modelo de simulación o software de forma guiada para cumplir con lo propuesto en el proyecto.

1.2.2. Formulación del problema. ¿La simulación o aplicativo mejoran los procesos, ayudará a tener mayor productividad, permitirá generar mayores utilidades los procesos, de almacenamiento, aprovechamiento y disposición final, según los lineamientos establecidos por la empresa?

1.3.OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general. Proponer un mejoramiento de distribución de planta de la empresa SECAM con el propósito de mejorar sus procesos operativos, mediante un software o aplicativo de simulación.

1.3.2. Objetivos específicos.

- Analizar los eslabones de los procesos con el fin de estructurar una representación preliminar acerca de los posibles cambios o mejoras que se puedan llegar a realizar.
- Establecer las variables que implican el funcionamiento de los procesos de la empresa.
- Seleccionar el aplicativo o software de simulación que permitan la distribución física de la planta
- Documentar, representar y usar los resultados que conlleve al mejoramiento de los procesos.

1.4.JUSTIFICACIÓN

SECAM J.R. es una compañía dedicada a la ejecución de movimiento de tierras, urbanismos, vías, canchas, parques, empedramiento; adicionalmente Ofrece el

servicio de alquiler de maquinaria y suministro de materiales. La Empresa lleva en sus actividades más de diez (10) años, durante los cuales ha realizado grandes proyectos con organizaciones de importante reputación en el sector de la construcción. Para la compañía es primordial realizar un trabajo de calidad con el fin de satisfacer las necesidades de sus clientes, esto a través del compromiso, honestidad, entrega y cumplimiento en los proyectos referentes a su actividad principal.

De tal manera que la empresa toma la decisión de incurrir en nuevas actividades que encierre toda la actividad económica de la organización, buscan varios enfoques derivados de la construcción y llegan a la conclusión de iniciar un nuevo proyecto que parte de los residuos de construcción y demolición haciendo de ellos los procesos de almacenamiento, aprovechamiento y disposición final.

Partiendo de esto, la organización inicia su proyecto en un lote donde cuenta con una planta de aprovechamiento de los RCD con certificación por la entidad que aplica a esta actividad.

Contemplando dicho lo anterior, se encuentra cierta viabilidad por medio de métodos computacionales; son herramientas que pueden aumentar de una forma significativa la productividad de la cadena de suministro contemplando la distribución y la calidad de la solución final a la que se llega. Cabe notar que los algoritmos que se están actualmente en la cadena de SECAM JR no son insuficientes

1.5.DELIMITACIÓN

1.5.1. Espacio. Para el desarrollo del trabajo de grado se tiene acceso a las instalaciones de la empresa SECAM J.R E:U, las cuales se encuentran localizadas en la ciudad de Bogotá más específicamente en segundo kilómetro vía Llano, nueva esperanza lote 4 ; en esta ubicación se encuentra la planta de aprovechamiento de RCD de la organización.

1.5.2. Alcance. En primer lugar, se recolectaron datos relevantes en la cadena de suministro utilizada por parte de la empresa SECAM JR EU en las actividades de recolección de materia prima, transporte, selección de material, trituración y almacenamiento del producto terminado.

A través de las tecnologías de la información se hace más fácil la toma de decisiones, y con la combinación de algún software que soporte decisiones basadas en procesos confiables, se obtiene como finalidad datos y resultados óptimos para una propuesta hacia la mejor distribución de información y diferentes cambios necesarios en la cadena de suministros.

1.6. MARCO REFERENCIAL

1.6.1. Marco teórico.

1.6.1.1 Cadena de valor. Se analiza la cadena de valor dicha por Michael Porter por medio del artículo que corresponde a Andalucía Emprende, Fundación Pública Andaluza con nombre “CADENAS DE VALOR”.

En el cual explican que el análisis de la Cadena de Valor de Porter comienza con la identificación de dos fuentes separadas y fundamentales de ventaja competitiva: el liderazgo en costes y en diferenciación. La ventaja competitiva implica la existencia de una actividad que la empresa realiza de forma exclusiva o más eficiente que la competencia, y que es percibida como importante por los clientes. Según Porter, el liderazgo en costes bajos o la diferenciación dependen de todas aquellas actividades que desarrolle una empresa y que, separándolas en grupos con una importancia estratégica, ofrecería información para comprender el comportamiento de los costes, así como también identificar fuentes existentes o potenciales de diferenciación. Todas las demás tareas deben reducir su coste lo máximo posible, sin perder la calidad intrínseca del producto. Para estas actividades se debería optar por la externalización. Una cadena de valor genérica está conformada por tres elementos básicos, que son las actividades Primarias o Principales, las actividades de Apoyo o Auxiliares, y el Margen.⁴

1.6.1.2 Flexsim. En el artículo expuesto por Marmolejo, Santana, Granillo, y Piedra, 2013, explican en el artículo “La simulación con FlexSim, una fuente alternativa para la toma de decisiones en las operaciones de un sistema híbrido”.

Flexsim es un software de simulación utilizado en diferentes campos como transporte, fabricación, manejo de materiales, logística y distribución; permite modelar, analizar y optimizar procesos industriales, en este caso será utilizado para el diseño de la cadena de suministro e implícitamente el flujo de información. Una herramienta importante del software es la posibilidad de ejecutar el

⁴ Andalucía Emprende, Fundación Pública Andaluza, CADENA DE VALOR. 10 de septiembre 2015.

modelo en un entorno 3D para una mejor visibilidad de los procesos y puntos clave a revisar al detalle.⁵

1.6.1.3 Calidad. “Calidad es el conjunto de propiedades y características de un producto o servicio que le confieren capacidad de satisfacer necesidades, gustos y preferencias, y de cumplir con expectativas en el consumidor. Tales propiedades o características podrían estar referidas a los insumos utilizados, el diseño, la presentación, la estética, la conservación, la durabilidad, el servicio al cliente, el servicio de postventa.”⁶

1.6.1.4 Distribución. “Es el conjunto de actividades que permiten el traslado de productos y servicios desde su estado final de producción al de adquisición y consumo.”⁷

1.6.1.5 Producción. “Es la creación de un bien o servicio mediante la combinación de factores necesarios para conseguir satisfacer la demanda del mercado.”⁸

1.7. METODOLOGÍA

1.7.1 Tipo de estudio. En el trabajo de grado se realizará un estudio descriptivo, el cual tiene como finalidad, “Conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en una muestra o contexto en particular. En ocasiones sólo se analiza la relación entre dos variables, pero con frecuencia se ubican en el estudio vínculos entre tres, cuatro o más variables”⁹ es decir, se analizarán las variables que influyen los procesos de SECAM y se relacionarán para realizar una simulación o un aplicativo que permita mejorar los mismos.

1.7.2 Fuentes de información.

1.7.2.1 fuentes primarias. Para el presente trabajo de grado se tendrán diferentes fuentes primarias, se revisará la base de datos con la que cuenta SECAM, en esta se tomarán los datos de cuanta materia prima ingresa al proyecto y la demanda con la que cuenta la organización.

⁵ Marmolejo, Santana, Granillo, y Piedra, La simulación con FlexSim, una fuente alternativa para la toma de decisiones en las operaciones de un sistema híbrido, México: Instituto Politécnico Nacional. Marzo 2013

⁶ Pagina web. <https://www.crecenegocios.com/concepto-de-calidad/>

⁷ Díez de Castro, Enrique, Distribución comercial, p 3.

⁸ Montoya A., y Marco m., Procesos de producción. 2012

⁹ HERNANDEZ SAMPIERE, Roberto. Metodología de la investigación. Definición del alcance de la investigación que se realizará: exploratorio, descriptivo, correlacional o explicativo. p. 93

Por otra parte, se verificará a través de las personas influyentes en los procesos de se SECAM que capacidad de almacenamiento de materia prima tiene la planta de aprovechamiento, con qué capacidad de fábrica y capacidad real cuenta la trituradora y que capacidad de almacenamiento de producto terminado tiene la planta de aprovechamiento.

1.7.2.2 fuentes secundarias. Para el presente trabajo de grado se tendrán diferentes fuentes secundarias, como, por ejemplo, se investigará artículos, trabajos de grado e investigaciones que sean de apoyo para el desarrollo del trabajo de grado.

1.8 DISEÑO METODOLÓGICO

1.8.1 Análisis de los eslabones de los procesos (fase 1). En primera fase del proyecto, se recolectarán los datos necesarios para tener claridad de cómo se encuentra en funcionamiento la distribución de planta de la empresa SECAM J.R. E.U.; Por otro lado, para la realización de esta fase se harán visitas constantes para la toma de datos, se analizarán las variables implicadas en este proceso para la obtención de las falencias de las mismas. De acuerdo con lo anterior esto nos ayudara a dar paso a realizar la fase 2 de la investigación.

1.8.2 Variables más influyentes (fase 2). En esta fase, se harán las propuestas significativas dando claridad en que se encuentra fallando la distribución de planta, para ello se utilizara software con un grado de confiabilidad en el cual se pueda hacer simulaciones, este software permitirá comprender las falencias y obtener como resultado una distribución optima en la que los productos sean de calidad y la empresa maximice sus utilidades. Al terminar esta fase permite dar cumplimiento a la fase 3 donde se seleccionará el aplicativo o software de simulación.

1.8.3 Selección de aplicativo o software de simulación (fase 3). En esta fase, se desarrollará por medio de la herramienta de Abaco de Regnier la selección del mejor software o aplicativo de simulación, el cual será de ayuda para la toma de la realizar la mejor propuesta. Dado por terminada esta fase se puede proceder a darle cumplimiento de la fase 4.

1.8.4 propuesta de mejora de la distribución de la planta de SECAM JR EU (fase 4). En esta última fase, se hará una comparación de las simulaciones propuestas y las establecidas por SECAM, dando relación a las mejoras y beneficios que obtendrá la misma.

2. ANALISIS DE LOS ESLABONES DE LOS PROCESOS

Para el análisis de los eslabones más influyentes en los procesos operativos para la producción de la planta de aprovechamiento de la empresa, se consideran graficas en donde incurran los datos más importantes para el desarrollo de este objetivo. Por otra parte, se tomará información más relevante para la demanda de los RCD que se generan en la localidad en que se encuentra la industrial la cual podría ser la demanda que tendría el proyecto.

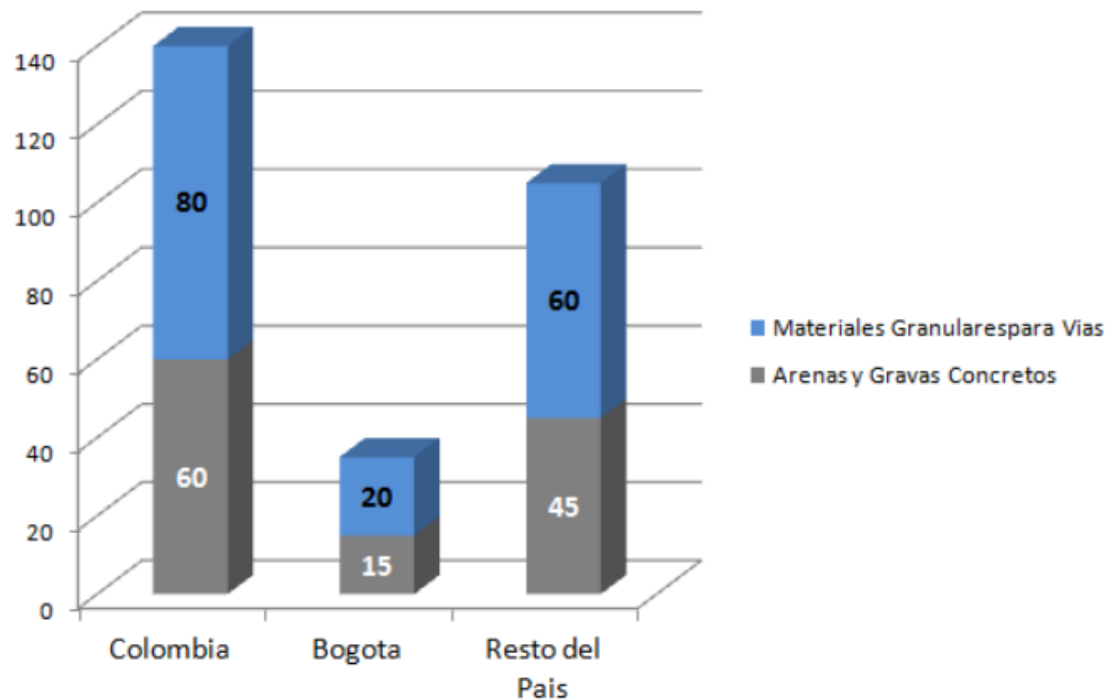
El análisis de los eslabones tendrá una división entre almacenamiento, aprovechamiento y disposición final con el fin de tratar más a fondo todos los temas más relevantes para los procesos que incurren en la producción de la planta de aprovechamiento.

2.1.ALMACENAMIENTO

En este proceso se encuentran varias actividades para el mejor manejo de la planta, en primer lugar, hablaremos de la demanda que tiene el proyecto, para este tema revisaremos información y datos establecidos por las entidades que son de gran importancia en esta actividad que realiza la empresa.

De gran importancia, se hablará de la comparación entre la demanda de agregados con materiales naturales que se encuentre en el mercado en Colombia, Bogotá y resto del país y la oferta de RCD para agregados reciclados en Colombia, Bogotá y resto del país.

Figura 1. Volumen en toneladas de materiales de construcción utilizados en Colombia



Fuente. Estudio Asogravas 2017

Esta grafica nos indica los volúmenes en toneladas de materiales granulares para vías y arenas, gravas y concretos, esto quiere decir la demanda aproximadamente que se generar en los próximos años en Colombia, Bogotá y el resto del país; le damos más importancia a Bogotá ya que el proyecto abarca el departamento de Cundinamarca.

Por otra parte, comprendemos datos estadísticos de la generación de RCD en Bogotá, los cuales nos dan un gran acercamiento de la demanda que tendrá la planta de aprovechamiento de la organización.

Figura 2. Grafico resumen RCD, disposición final, tratamiento y aprovechamiento, total Bogotá



Fuente. Documento de Trabajo UAESP- SDP- HABITAT- SDA JULIO DE 2017

Esta grafica explica, el resumen de los RCD, disposición final, tratamiento y aprovechamiento, en su totalidad para la ciudad de Bogotá una de las más grandes generadoras de RCD en el país de Colombia; en este grafico se encuentra una proyección año a año hasta el 2021 dando explicación a que al pasar de los años se irán generando mayor cantidad de RCD.

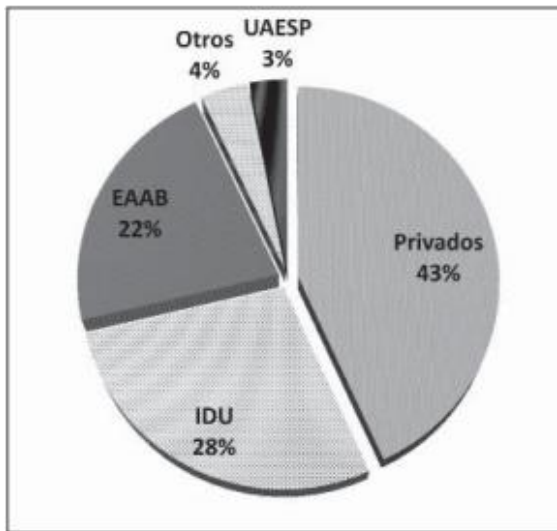
Figura 3. Caracterización aproximada de los RCD en Bogotá

Residuos de Construcción y Demolición (RCD)		Porcentaje estimado	Producción estimada 2012 (M3)	Material a plantas de Tratamiento (M3)	Material aprovechable (M3)
Producción estimada			6.891.647		
Inertes pétreos No asfálticos		20,0	1.033.747	1.033.747	
Inertes pétreos Asfálticos	Mezclas pétreas con asfalto	0,001	689	689	
Inertes Arcillosos	Arcillas	72,8	5.359.634		
No Peligrosos	Madera	0,1	6.892		6.892
	Plásticos	0,01	689		689
	PVC	0,01	689		689
RESPEL	Asbestos / Amiantos	0,1	6.892		
Horizonte Orgánico	Pedones de suelo orgánico (pej. Tierra Negra)	6,0	413.499		413.499
Metálicos		1,0	68.916	68.916	
Valor total de material aprovechable				1.103.353	421.769

Fuente. Documento de Trabajo UAESP- SDP- HABITAT- SDA JULIO DE 2017

2.1.1 Tipos de RCD. De este gran volumen de RCD que se producen en Bogotá, los mayores productores son el IDU y las construcciones privadas, como se observa en el Figura 1, y en muchos casos, van a parar a sitios no autorizados, alterando el paisaje, contaminando suelos y acuíferos. Esto también representa una pérdida de recursos potenciales, pues el hecho de que se desechen como residuos ciertos elementos provenientes de las obras, que poseen aún capacidad de ser valorizados, además de que obliga a consumir recursos naturales, acentúa más el efecto negativo de la actividad constructora en Bogotá. Hace algunos años, no se habría pensado en reutilizar escombros de construcción como agregados.

Figura 4. Entidades que utilizan los RCD en Colombia



Fuente. Secam JR. EU

Para nuevos materiales, dada la gran oferta de materias primas en la ciudad, no obstante, alrededor del mundo, múltiples investigaciones han mostrado que estos, pueden sustituir de forma satisfactoria los agregados naturales, como una manera de transformar la industria de la construcción en una actividad sostenible.

Por último, ya explicado lo anterior dando como referencia la demanda que puede generar este tipo de materiales los cuales actúan como materia prima para la planta de aprovechamiento, estas materias incurren en el procedimiento del proceso de almacenamiento ya que la planta cuenta con una capacidad de 15 mil toneladas en almacenamiento, es decir que cuenta con capacidad de 8333, 333 m³

2.2. APROVECHAMIENTO

Este proceso se encarga de la producción de la planta de aprovechamiento, por medio de una máquina trituradora esta procesa toda la metería prima que se encuentra en el punto de almacenamiento, depende el tipo de material que se dese procesar y en qué condiciones se encuentra no genera la capacidad de producción y la calidad del producto.

En la cuadro 1. Se explicará la capacidad de producción hora, día, semana y mes; con el fin de entender que tan eficiente es la planta de Secam JR

Cuadro 1.Capacidad de la trituradora vs tiempo estimado

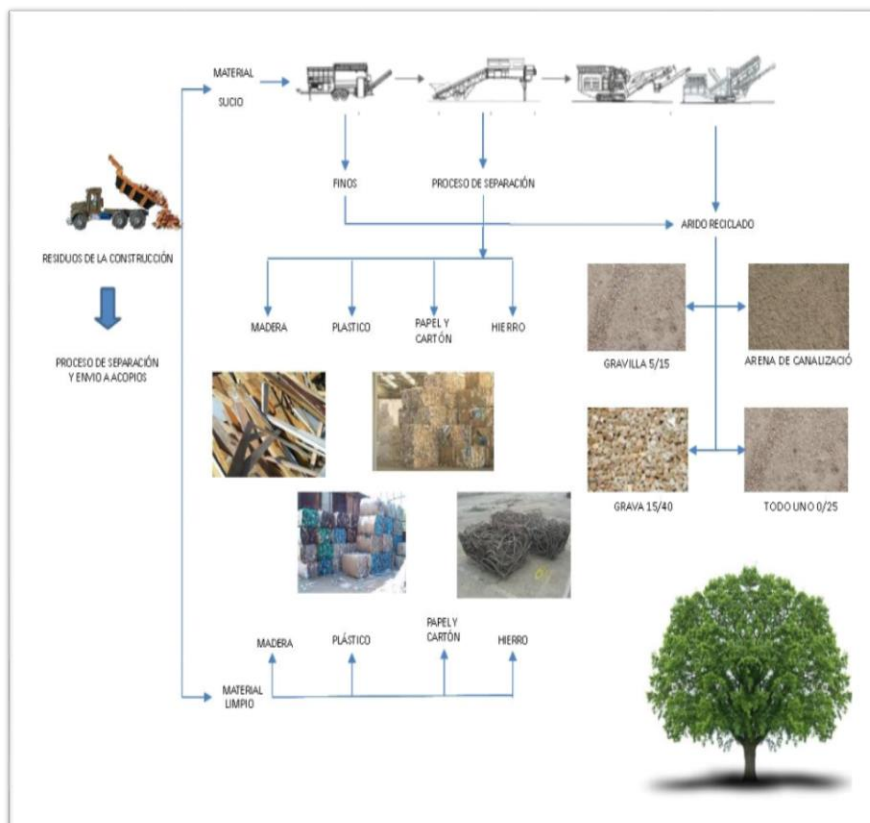
CAPACIDAD	TIEMPO
31.25 M3	HORA
250 M3	DIA
1406 M3	SEMANA
5625 M3	MES

Fuente: SECAM JR. EU.

2.3 ALMACENAMIENTO DEL PRODUCTO FINAL

Ultima actividad que hace parte de los procesos operativos de la planta de aprovechamiento para esto es de gran importancia hablar de la capacidad que tiene la planta para almacenamiento del producto final, de los estudios generados por parte de la empresa llegaron a la conclusión que la planta cuenta con una capacidad de almacenamiento para el producto final de 20 mil toneladas, es decir que más o menos 11100 m3.

Figura 5. Diagrama de los procesos operativos de la planta de aprovechamiento de SECAM JR. EU.



Fuente. SECAM J.R. E.U

3. VARIABLES MAS INFLUYENTES

3.1. FORMULACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La empresa SECAM J.R. cuenta con un planteamiento hacia la distribución de planta en la producción de sus materiales para construcción dado esto se encuentra una gran problemática en los tiempos, distancias y ubicación esto conlleva a tener sobre costos en sus procesos productivos ya que los rendimientos de los mismos se catalogan ineficientes por motivo de no cumplimiento de la demanda requerida.

Dando lugar a lo anterior, se plantea una posible solución mediante algún tipo de simulación que permita resolver el objetivo del cumplimiento de la demanda requerida, para esto se analizarán los eslabones más influyentes en la distribución de planta que nos permitirán cumplir con lo propuestos, a partir de esto, se interpretaran las variables, restricciones, y sus comportamientos estadísticos que sean más relevantes en cada uno de los eslabones con el fin de iniciar el planteamiento para la simulación.

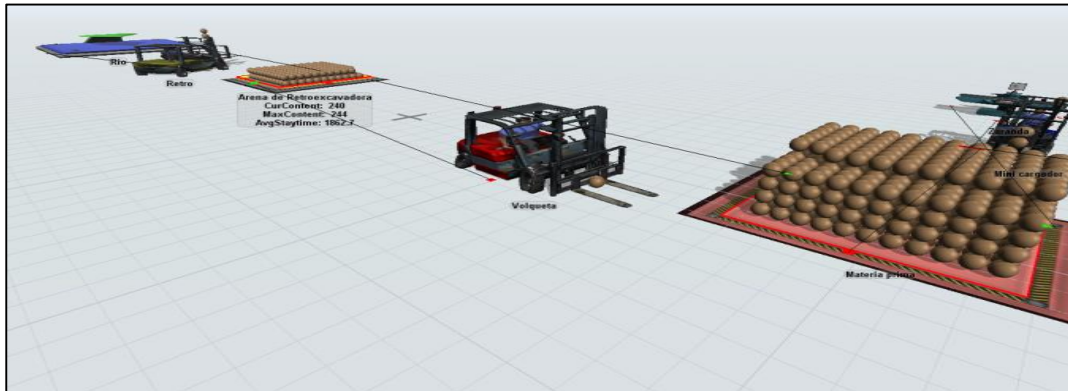
3.2. RECOLECCIÓN DE DATOS Y SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA

SECAM JR es una empresa que ofrece servicios tales como el suministro de material, entre ellos arena de río, derivados de arena de río, material granular para construcción, etcétera.

Mediante el software de simulación Flexsim se pretende adecuar la línea de producción desde las materias primas hasta su transformación, mejorando los eslabones de la cadena de suministro que se adapten a las ideas de la empresa para disminuir factores no optimizados.

En primer lugar se realiza un diseño de la distribución de plana de las instalaciones de productividad de la empresa (véase Figura 6), sobre la cual se realiza un análisis eslabón por eslabón para tener una idea preliminar acerca de los posibles cambios o mejoras que se puedan llegar a realizar. Cabe mencionar que las simulaciones se realizaron en un tope de ocho horas, que es lo que generalmente dura un día laboral.

Figura 6. Primera sección la distribución de planta SECAM JR



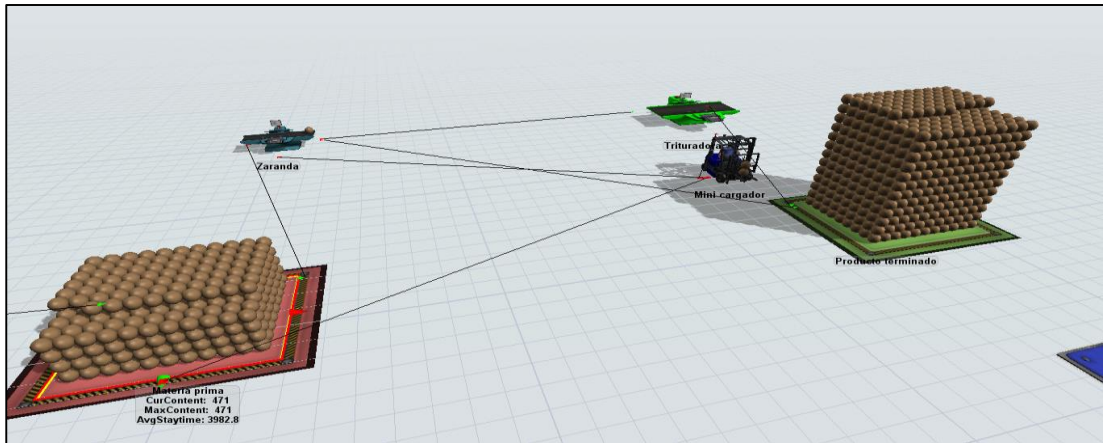
Fuentes: El autor

En la Figura 6 se observa en primer lugar que la materia prima es obtenida del centro de almacenamiento de materias primas a través de una retroexcavadora, para luego ser trasladada hacia un primer punto de acopio llamado “Arena de retroexcavadora”, terminada la simulación actual del proceso se encuentra que existe un almacenamiento o stack de 240 unidades en el primer punto de acopio.

Luego que la materia prima es dejada en el primer punto de acopio, una volqueta es la encargada de transportarla hasta el segundo punto de acopio. En esta sección de la cadena de suministro se analiza que la posibilidad de mejora en tiempos y costos no es viable ya que los procesos realizados están bien estructurados y el almacenamiento del material es aceptable.

Es importante hacer una anotación en las unidades almacenadas en el segundo punto de acopio, ya que al finalizar la simulación el stack de estas fueron 471 unidades, bastantes más comparado con el primer stack (véase Figura 7). Desde el segundo punto de acopio, un minicargador es el encargado de llevar la materia prima hacia los siguientes eslabones de la cadena.

Figura 7. Segunda sección cadena de suministro SECAM JR.



Fuentes. El autor

En esta sección (véase la figura 7) se puede observar que un cargador cumple con varias actividades, ya la materia prima almacenada en un eslabón llamado “materia prima”. En este punto el cargador procede a desplazarse al almacenaje a retirar la materia prima y trasladar al proceso de selección de material (zaranda). En este proceso se retira un producto terminado (arena de río) y se contempla un nuevo producto para ser procesado (piedra).

Después del desarrollo del proceso anterior el cargador se dirige a recoger piedra y es trasladada al eslabón llamado “trituradora”, en este punto se posibilita tener variedad de productos terminados según la demanda de los clientes. La trituradora requiere de personal capacitado para hacer manejo de ella, de igual manera es necesario tener tiempos de espera para cambiar la malla para la granulometría de la piedra.

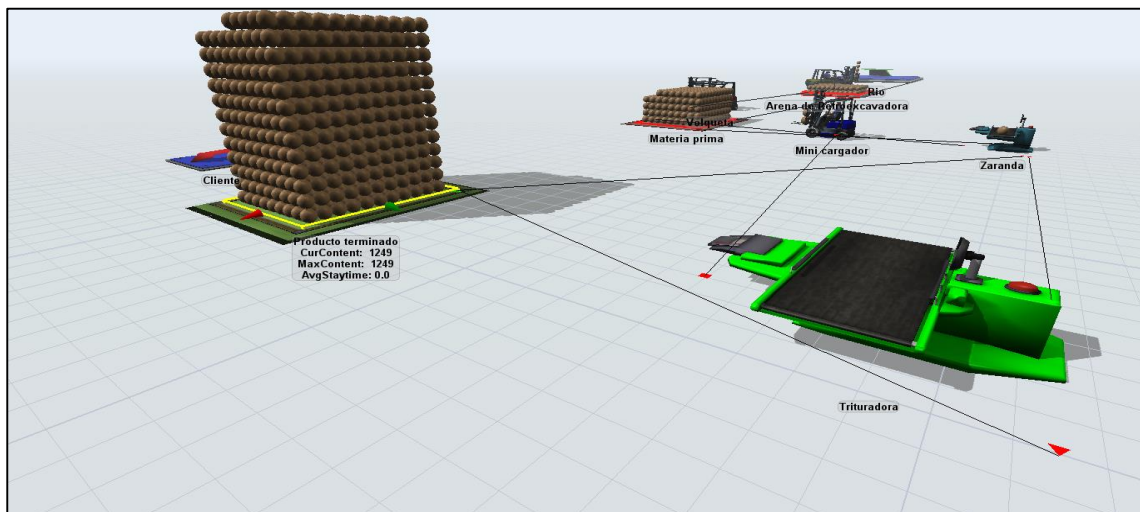
En últimas instancias el cargador procede a recoger el producto terminado (gravilla), y es trasladado al último eslabón que es llamado “producto terminado” donde se almacena este producto para ser ofrecido al cliente.

Luego de analizar la segunda sección del proceso se contempla la viabilidad de una mejora en la Logística del transporte realizado por el mini cargador, ya que esta máquina realiza la totalidad de movimientos que requiere la sección en total cuatro. Igualmente, al relacionar la cantidad de unidades de materia prima almacenadas en el segundo punto de acopio y el tiempo que se demora un solo máquina en realizar tal cantidad de tareas, la posibilidad de mejora en este punto del proceso es gratamente considerada.

El sobrecargo de tareas hacia una única máquina (Cargador) hace que exista una ineficacia en la realización de las actividades asignadas, ya que al cumplir con recorridos extensos genera una aglomeración de producción en uno o varios puntos de la cadena de suministro y ralentización del mismo.

Actualmente el almacenamiento del producto final (venta) se sintetiza en un punto algo alejado con respecto a los demás puntos de acopio regados en a lo largo de todo el proceso, haciendo que las máquinas deben tener una movilidad más extensa. En la ilustración cabe destacar las unidades de producto terminado al finalizar la simulación, las cuales son 1249 de lo cual en este punto la mayoría habrá sido requerida por los clientes (véase Figura 8).

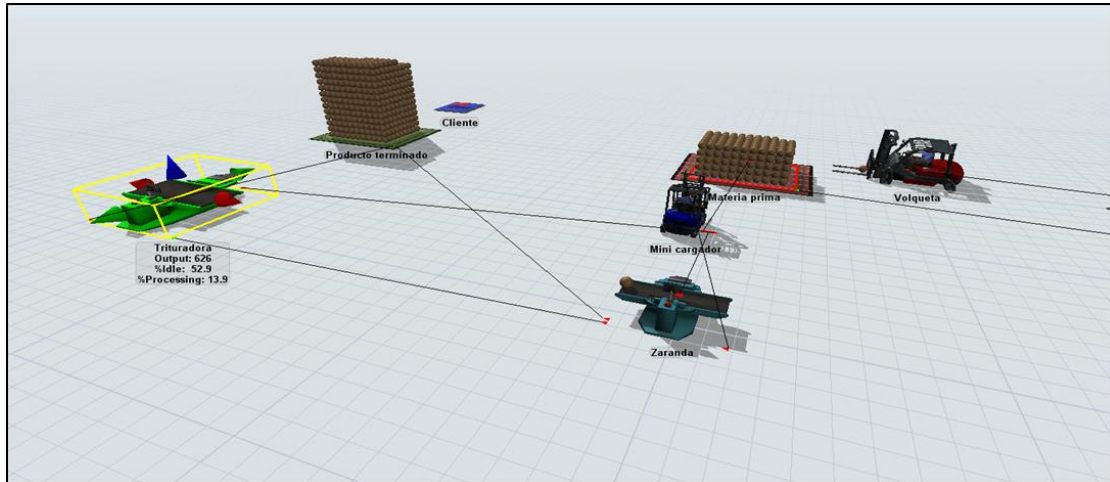
Figura 8. Final producto terminado SECAM JR



Fuentes: El autor

Como un dato aparte pero no menos importante, son 626 la cantidad de unidades que pasan por la trituradora, es decir que tomando en cuenta la relación entre las unidades totales y las que pasan por la trituradores, se obtiene que 623 unidades pasan directamente de la zaranda hasta el producto terminado (véase figura 9). Además El almacenamiento del producto ya terminado en un lugar apartado debido a su magnitud hace que los costos de traslado, inventario y el margen de tiempo se incrementen.

Figura 9. Máquina trituradora output (626 unidades) SECAM JR



Fuentes: El autor

Hasta este punto se realiza la aplicación del diseño actual de la cadena de suministro de la empresa SECAM JR, teniendo como resultados la posibilidad de una aplicación de mejora en la segunda sección, en cuanto a transporte, método, almacenamiento y tiempos.

Figura 10. Perimetral lote SECAM JR



Fuentes. SECAM JR EU

Figura 11. Perimetral con la distribución del lote de SECAM JR



Fuente. SECAM JR EU

4. SELECCIÓN DE APLICATIVO O SOFTWARE DE SIMULACION

Para la selección de algún tipo de aplicativo o software de simulación se planea la realización de una herramienta que permita hacer partícipe a las personas más relevantes que están encargados de los procesos tratados anteriormente, para esto se tomó como herramienta el Avaco de Regnier, ya que este es un método original de consulta a expertos, concebido por el Doctor François Régnier, con el fin de interrogar a los expertos y tratar sus respuestas en tiempo real o por vía postal a partir de una escala de colores.”. El Ábaco de Régnier utiliza una escala ordinal y coloreada, en el cual los datos están cartografiados.

En primer lugar, para el desarrollo de esta herramienta se identificaron las personas que podían ayudarnos como expertos para iniciar a implementar dicha herramienta. (Véase figura 12).

Figura 12. Cuadro de expertos

Experto	Inicializa		
Jhon Edward (Ingeniero)			
Justo Pastor (Supervisor)			
Diego Gomez (Administrador)			
Carlos Vasquez (Supervisor)			

Fuente. El autor

Como se observa en la figura 12, se seleccionaron en este caso 4 expertos, en los cuales se encuentran un ingeniero, dos supervisores y un administrador. Dando lugar a que son las personas que tienen más influencia en cada uno de los procesos que se tienen en cuenta para el cumplimiento del objetivo.

En segundo lugar, después de seleccionar a los expertos se procede a buscar los temas que incluyan características de algunos aplicativos o softwares de simulación que nos permitan preguntarles a los expertos y ellos nos den respuesta a partir de esto, para este caso se tomaron tres diferentes aplicativos o software los cuales son Arena, Flexim y Promodel. (Véase la figura 13).

Figura 13. Temas para la selección de respuestas de los expertos.

Tema	De <input type="button" value="Genera Cuestionarios"/>
Logistica	
Capacidad de respuesta de los procesos	
Simulacion animada 2D	
Simulacion por herramientas	
Graficas en tres dimensiones	
Optimizacion de los procesos	
Ubicación de puestos de trabajo	
Distribucion de planta	
Establecer tiempos	
Establecer distancias	
Resultados optimos	
Entradas de materia prima	
Salidas de producto final	
Restricciones	
Minimizar costos	
Cumplimiento de la demanda	
Analisis de cada eslabon	
Simulacion animada 3D	
Respuesta por diagrama de flujo	
Cuadros de mando	

Fuente. El autor

En la figura 13. se pueden ver los temas que fueron tratados con cada uno de los expertos donde ellos podrán responder a su criterio según la importancia al resultado que desean.

En tercer lugar, se trataron cada uno de los temas con cada uno de los expertos dando respuesta a todos los temas, estas respuestas se llevaron a un compendio donde desde este lugar se llevarían a una tabla de respuestas. Para las respuestas de cada experto se le dieron a elegir un calificativo. (Véase la figura 14). De acuerdo con lo anterior, se muestra el compendio de las respuestas de cada uno de los expertos. Véase la figura 15, 16, 17y 18.

Figura 14. Calificativos.



Fuente. El autor.

En la figura 14, están los calificativos expuestos por unos colores con rangos de muy importante, importante, duda, poco importante, sin importancia y sin respuesta.

Figura 15. Respuestas del experto (Jhon Edward)

Experto	Tema	Respuesta
Jhon Edward (Ingeniero)	01.Logistica	Muy Importante
Jhon Edward (Ingeniero)	02.Capacidad de respuesta de los procesos	Muy Importante
Jhon Edward (Ingeniero)	03.Simulacion animada 2D	Sin Importancia
Jhon Edward (Ingeniero)	04.Simulacion por herramientas	Poco Importante
Jhon Edward (Ingeniero)	05.Graficas en tres dimensiones	Muy Importante
Jhon Edward (Ingeniero)	06.Optimizacion de los procesos	Muy Importante
Jhon Edward (Ingeniero)	07.Ubicación de puestos de trabajo	Muy Importante
Jhon Edward (Ingeniero)	08.Distribucion de planta	Muy Importante
Jhon Edward (Ingeniero)	09.Establecer tiempos	Muy Importante
Jhon Edward (Ingeniero)	10.Establecer distancias	Muy Importante
Jhon Edward (Ingeniero)	11.Resultados optimos	Muy Importante
Jhon Edward (Ingeniero)	12.Entradas de materia prima	Importante
Jhon Edward (Ingeniero)	13.Salidas de producto final	Importante
Jhon Edward (Ingeniero)	14.Restricciones	Poco Importante
Jhon Edward (Ingeniero)	15.Minimizar costos	Muy Importante
Jhon Edward (Ingeniero)	16.Cumplimiento de la demanda	Muy Importante
Jhon Edward (Ingeniero)	17.Analisis de cada eslabon	Duda
Jhon Edward (Ingeniero)	18.Simulacion animada 3D	Muy Importante
Jhon Edward (Ingeniero)	19.Respuesta por diagrama de flujo	Importante
Jhon Edward (Ingeniero)	20.Cuadros de mando	Poco Importante

Fuente. El autor

Figura 16. Respuestas del experto (Justo Pastor)

Experto	Tema	Respuesta
Justo Pastor (Supervisor)	01.Logistica	Importante
Justo Pastor (Supervisor)	02.Capacidad de respuesta de los procesos	Duda
Justo Pastor (Supervisor)	03.Simulacion animada 2D	Importante
Justo Pastor (Supervisor)	04.Simulacion por herramientas	Importante
Justo Pastor (Supervisor)	05.Graficas en tres dimensiones	Poco Importante
Justo Pastor (Supervisor)	06.Optimizacion de los procesos	Importante
Justo Pastor (Supervisor)	07.Ubicación de puestos de trabajo	Importante
Justo Pastor (Supervisor)	08.Distribucion de planta	Duda
Justo Pastor (Supervisor)	09.Establecer tiempos	Duda
Justo Pastor (Supervisor)	10.Establecer distancias	Duda
Justo Pastor (Supervisor)	11.Resultados optimos	Muy Importante
Justo Pastor (Supervisor)	12.Entradas de materia prima	Poco Importante
Justo Pastor (Supervisor)	13.Salidas de producto final	Poco Importante
Justo Pastor (Supervisor)	14.Restricciones	Importante
Justo Pastor (Supervisor)	15.Minimizar costos	Importante
Justo Pastor (Supervisor)	16.Cumplimiento de la demanda	Importante
Justo Pastor (Supervisor)	17.Analisis de cada eslabon	Duda
Justo Pastor (Supervisor)	18.Simulacion animada 3D	Sin Importancia
Justo Pastor (Supervisor)	19.Respuesta por diagrama de flujo	Importante
Justo Pastor (Supervisor)	20.Cuadros de mando	Importante

Fuente. El autor

Figura 17. Respuestas del experto (Diego Gómez)

Experto	Tema	Respuesta
Diego Gomez (Administrador)	01.Logistica	Muy Importante
Diego Gomez (Administrador)	02.Capacidad de respuesta de los procesos	Muy Importante
Diego Gomez (Administrador)	03.Simulacion animada 2D	Sin Importancia
Diego Gomez (Administrador)	04.Simulacion por herramientas	Sin Importancia
Diego Gomez (Administrador)	05.Graficas en tres dimensiones	Muy Importante
Diego Gomez (Administrador)	06.Optimizacion de los procesos	Duda
Diego Gomez (Administrador)	07.Ubicación de puestos de trabajo	Duda
Diego Gomez (Administrador)	08.Distribucion de planta	Duda
Diego Gomez (Administrador)	09.Establecer tiempos	Muy Importante
Diego Gomez (Administrador)	10.Establecer distancias	Muy Importante
Diego Gomez (Administrador)	11.Resultados optimos	Muy Importante
Diego Gomez (Administrador)	12.Entradas de materia prima	Importante
Diego Gomez (Administrador)	13.Salidas de producto final	Importante
Diego Gomez (Administrador)	14.Restricciones	Duda
Diego Gomez (Administrador)	15.Minimizar costos	Muy Importante
Diego Gomez (Administrador)	16.Cumplimiento de la demanda	Muy Importante
Diego Gomez (Administrador)	17.Analisis de cada eslabon	Poco Importante
Diego Gomez (Administrador)	18.Simulacion animada 3D	Muy Importante
Diego Gomez (Administrador)	19.Respuesta por diagrama de flujo	Poco Importante
Diego Gomez (Administrador)	20.Cuadros de mando	Poco Importante
Carlos Vasquez (Supervisor)	01.Logistica	Muy Importante

Fuente. El autor

Figura 18. Respuestas del experto (Carlos Vásquez)

Experto	Tema	Respuesta
Carlos Vasquez (Supervisor)	01.Logistica	Muy Importante
Carlos Vasquez (Supervisor)	02.Capacidad de respuesta de los procesos	Muy Importante
Carlos Vasquez (Supervisor)	03.Simulacion animada 2D	Sin Importancia
Carlos Vasquez (Supervisor)	04.Simulacion por herramientas	Sin Importancia
Carlos Vasquez (Supervisor)	05.Graficas en tres dimensiones	Muy Importante
Carlos Vasquez (Supervisor)	06.Optimizacion de los procesos	Muy Importante
Carlos Vasquez (Supervisor)	07.Ubicación de puestos de trabajo	Muy Importante
Carlos Vasquez (Supervisor)	08.Distribucion de planta	Muy Importante
Carlos Vasquez (Supervisor)	09.Establecer tiempos	Muy Importante
Carlos Vasquez (Supervisor)	10.Establecer distancias	Muy Importante
Carlos Vasquez (Supervisor)	11.Resultados optimos	Muy Importante
Carlos Vasquez (Supervisor)	12.Entradas de materia prima	Muy Importante
Carlos Vasquez (Supervisor)	13.Salidas de producto final	Muy Importante
Carlos Vasquez (Supervisor)	14.Restricciones	Poco Importante
Carlos Vasquez (Supervisor)	15.Minimizar costos	Importante
Carlos Vasquez (Supervisor)	16.Cumplimiento de la demanda	Importante
Carlos Vasquez (Supervisor)	17.Analisis de cada eslabon	Muy Importante
Carlos Vasquez (Supervisor)	18.Simulacion animada 3D	Muy Importante
Carlos Vasquez (Supervisor)	19.Respuesta por diagrama de flujo	Sin Importancia
Carlos Vasquez (Supervisor)	20.Cuadros de mando	Sin Importancia

Fuente. El autor.

Por último, a partir de las respuestas generadas por cada experto se lleva a un compendio de respuestas (véase la figura 19), donde se organizan los temas en el orden que haya tenido mayor calificación “muy importante” a menor calificación “sin repuesta”. A partir de las respuestas obtenidas por cada experto se llegó a la conclusión de que el aplicativo o software que podrá ayudar a cumplir con lo propuesto es el software de simulación Flexim ya que este cumple con las características que tuvieron mayor relevancia por los expertos.

Figura 19. Resultados.



Fuente. El autor.

5. PROPUESTA DE MEJORA DE LA DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA DE SECAM JR EU.

Con la utilización de flexSim en el diseño de la situación actual del proceso se encontraron falencias en la segunda sección del proceso, es decir desde el segundo punto de acopio hasta el almacenamiento y venta del producto terminado.

Ahora se realiza una simulación en flexSim en la cual se coloca un punto de almacenamiento final al lado de la

zaranda para la arena que sale lista, evitando el traslado de la situación actual ya analizada, también se coloca un segundo punto de almacenamiento final al lado de la máquina trituradora para las piedras ya trituradas. Con lo cual se ahorra el transporte desde la zaranda hasta el antiguo almacenamiento final y desde la trituradora hasta el antiguo almacenamiento final.

En la primera sección del proceso se encuentra el primer punto de acopio, en el cual prácticamente no

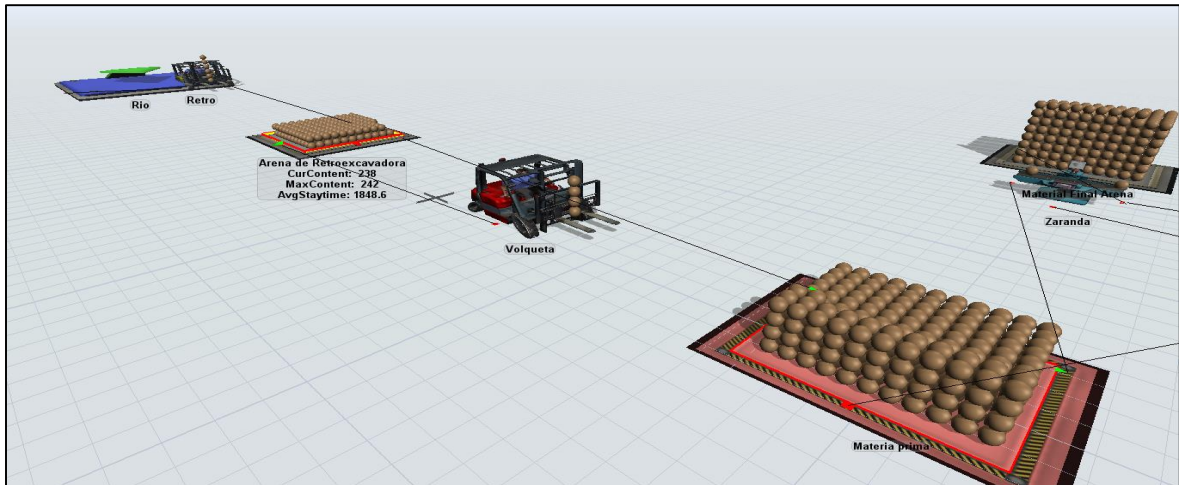
suceden cambios ya que la mejora está prevista en realizarse desde el segundo punto de acopio hasta el producto final, se tiene que la materia prima almacenada es de 218 unidades (véase figura 16), teniendo una variabilidad de dos unidades debido a incidencias aislada en el proceso.

Cuadro 2. Recorridos antiguos cadena de suministro.

ENTIDAD	RECORRIDO
Rio al almacenamiento	150 M
Almacenamiento a zaranda	20 M
Zaranda a trituradora	10 M
Arena de rio a almacenamiento	40 M
Gravilla a almacenamiento	20 M

Fuente. El autor

Figura 20. Simulación mejorada sección 1 SECAM JR.

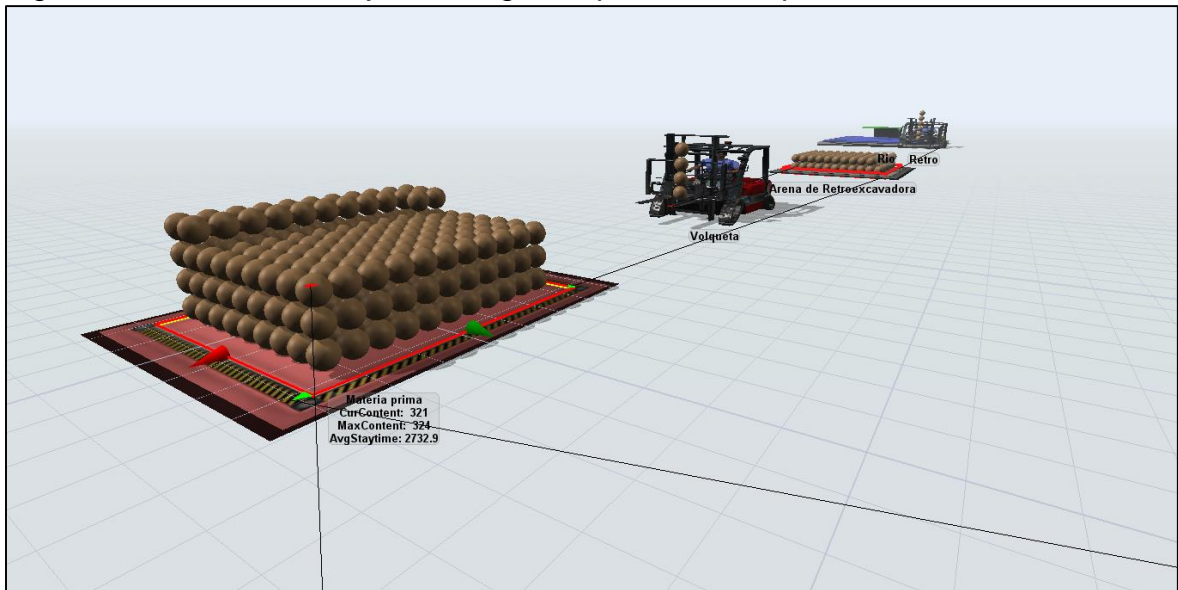


Fuentes. El autor

Después de superado el primer punto de acopio, la volqueta lleva la materia prima hacia el segundo punto de acopio, en esta instancia ya se ve tan solo con la imagen una diferencia en la cantidad de unidades que se almacenan al final de la simulación, es decir que el proceso tuvo una mejora aún no cuantificada en el segundo punto de acopio.

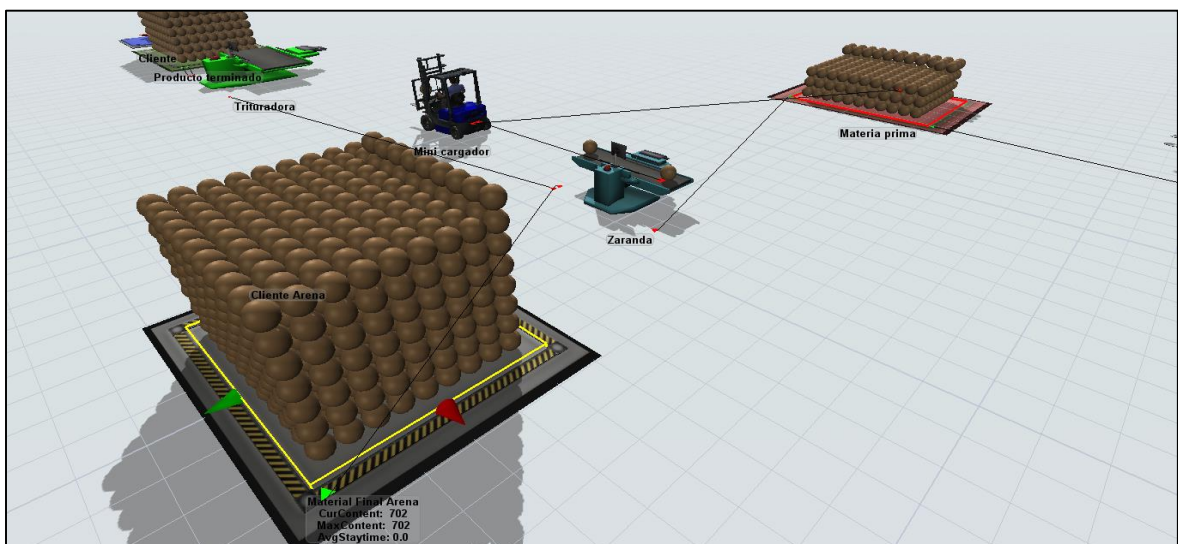
En el segundo punto de acopio, se observan 321 unidades de materia prima al finalizar la simulación que comparado con las 471 unidades observadas en la simulación antigua (véase Figura 20), resulta una disminución considerable en cuanto a costos de almacenamiento y una mayor producción de producto terminado. Todo esto debido al cambio de recorridos implícito del mini cargador y el cambio de ubicación de los almacenamientos de la segunda sección.

Figura 21. Simulación mejorada segundo punto de acopio SECAM JR.



Fuentes. El autor

Figura 22. Simulación mejorada producto arena de río SECAM JR.



Fuentes. El autor

En la segunda sección de del proceso el mini cargador al igual que en la simulación antigua toma la materia prima del segundo punto de acopio y la lleva hacia la zaranda en donde se obtiene la arena de río como producto final y la piedra para ser posteriormente procesada.

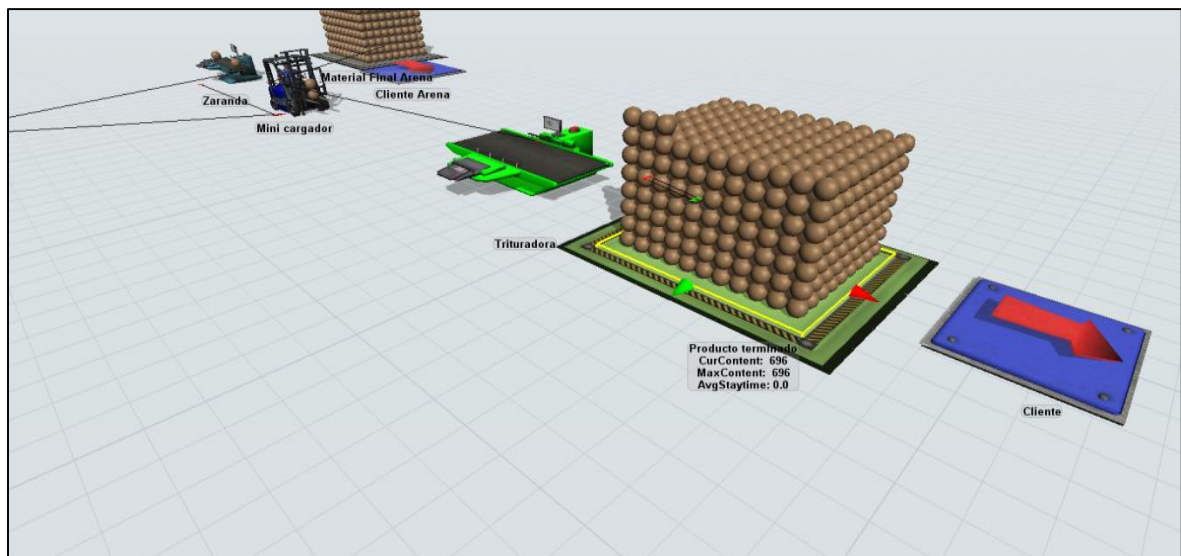
Con la mejora lo que se quiere es que el cargador no realice tantos desplazamientos desde la zaranda y la trituradora hasta un punto de almacenamiento final lejano, entonces se propone almacenar la arena de río al lado de la zaranda evitando así desplazamiento. Con este diseño se obtiene un almacenamiento y venta de arena para el cliente de 702 unidades (véase Figura 21)

Luego que el cargador deja la materia prima en la zaranda, la arena es almacenada a unos pocos pasos en el costado y la piedra es recogida para ser llevada a la trituradora donde finalmente se procesa para posteriormente almacenar y vender el producto final al cliente. En ambos productos terminados, su

almacenamiento y venta final se ubica a un costado de cada máquina utilizada, con el fin de disminuir costos de transporte, tiempo, espacio, almacenamiento y distancias recorridas por el cargador.

Al final de la simulación se observa una venta de piedra de 696 unidades (véase Figura 22), al relacionar esas 696 unidades de piedra con las 702 unidades de arena, se obtiene que la producción final total de producto es de 1398 con la mejora en la simulación. En el caso antiguo se obtuvo una producción total de 1249 unidades en el mismo plazo de tiempo y capacidad de las máquinas.

Figura 23. Simulación mejorada producto piedra SECAM JR.



Fuentes. El autor

Cuadro 3. Costos de maquinado de la zaranda.

MAQUINA OPERANDO EN PRODUCCION		
OPERACIÓN	TIEMPO EN HORAS	COSTO
HORA HOMBRE	1	\$ 6.250,00
ACPM	1	\$ 40.000,00
HORA MAQUINA	1	\$ 50.000,00
PRODUCCION	1	\$ 96.250,00

Fuente. El autor

Cuadro 4. Costos de maquinado de la trituradora.

PRODUCCION DE TRITURADORA			
OPERACIÓN	OPERARIOS	TIEMPO EN HORAS	COSTO
HORA HOMBRE	3	1	\$ 14.062,50
PLANTA ELECTRICA	1	1	\$ 20.000,00
PRODUCCION	1	1	\$ 34.062,50

Fuentes. El autor

Durante las investigaciones realizadas, se obtuvieron los costos aproximados del proceso realizado en la zaranda a través de la recolección de datos manualmente (véase Tabla 2), al finalizar la simulación el producto final ubicado en la zaranda ronda las 702 unidades en FlexSim, las cuales con relación a la tabla equivalen a 171,83 metros cúbicos de material.

También se recolectaron los datos principales acerca del proceso de la trituradora, se encontró la relación de un stack en el almacenamiento de la trituradora de 150,32 metros cúbicos de material.

Todo esto se realiza debido al nuevo diseño de la cadena de suministro del cliente SECAM JR, al finalizar la simulación.

Con el nuevo diseño se logró aumentar la producción total de unidades a razón de 149 unidades en ocho horas, o en un día normal. Lo cual en términos de costos, productividad, utilización de la maquinaria y demás aspectos dentro de la cadena de suministro es muy significativo ya sea a corto o largo plazo.

Otro aspecto importante a abarcar es la optimización en el espacio utilizado por los procesos de la empresa, ya que al mantener una gran mayoría de

procesos dentro de un radio de distancia aceptable se hace más factible una disminución en los costos.

La reducción de los recorridos realizados por el cargador permite realizar las tareas de transporte entre el segundo punto de acopio y la zaranda con una mayor rapidez y eficacia, lo cual desencadena un menor almacenamiento de producto retrasado y un mayor almacenamiento de producto terminado (véase Figura 20).

Cuadro 5. Resumen de la mejora de producción en la cadena de suministro

Fuente. El autor

CONCLUSIONES

La utilización de un software de simulación en los procesos operativos de la empresa SECAM fueron significativos ya que a partir de la propuesta tomada se mejoraron los procesos y esto ayudo a tener mayor utilidad en los mismos.

Mediante la utilización de Flexsim se logró hacer un análisis de la distribución de planta de la empresa SECAM JR, identificando características tanto positivas como adversas en las distintas etapas de proceso y así obtener las métricas correspondientes a mejorar los resultados.

Para lograr una utilización de los distintos softwares de simulación es necesario tener presente los lineamientos a los cuales se quiere llegar tales como mantener la distribución del proceso y la calidad de la solución final, también es importante tener clara la clasificación de los datos de entrada y salida del software.

El análisis de simulación del software arrojó que la principal causante de demoras en la cadena de suministro es la ineficacia en el uso de la máquina llamada mini cargador, debido a la acumulación de un gran conjunto de tareas hacia esa única máquina y que puede ser resuelta con la disminución de recorrido del producto hacia el almacenamiento y venta final.

Con el nuevo diseño de la distribución de planta, la producción final aumenta a razón de aproximadamente 149 unidades al día, es decir que la mejora se puede ver implicada en los costos en un lapso no muy extenso.

El espacio utilizado en la producción y almacenamiento también se ve reflejado positivamente con el cambio de diseño propuesto, ya que se utilizan recursos que están dentro de la misma locación de reproducción y se ahorra costos de almacenaje en sitios aledaños como se trabajaba en el diseño antiguo.

RECOMENDACIONES

Partiendo de los resultados obtenidos al transcurso del desarrollo del trabajo, se recomienda ejecutar la propuesta establecida ya que los resultados que se obtuvieron fueron óptimos y eficientes para la organización de acuerdo a que se cumple la demanda y se reducen tiempos y costos en las actividades a realizar.

De acuerdo, con los eslabones establecidos más importantes de la planta de aprovechamiento se tuvieron en cuenta como a partir de los procedimientos realizados en la organización y se recomiendan que estos sean los analizados como más importantes ya que a partir de estos se pudieron encontrar las falencias dentro de la empresa.

Las variables que se tuvieron en cuenta para la simulación de la planta como lo fueron tiempos, ubicación y distancias, estas se establecieron a partir de los estudios realizados y se recomiendan que ha estas variables se estén frecuentemente analizando por especialistas.

BIBLIOGRAFÍA

CALDERON, JOSÉ Y LARIO, FRANCISCO, SIMULACIÓN DE CADENAS DE SUMINISTRO: NUEVAS APLICACIONES Y ÁREAS DE DESARROLLO, ESPAÑA: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA. ORGANIZACIÓN DE EMPRESAS. CENTRO DE INVESTIGACIÓN GESTIÓN E INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN. 2007

BETRIA, LUJAN Y LARA, LUIS, SIMULACIÓN DE UNA CADENA DE ABASTECIMIENTO, ARGENTINA: UNIVERSIDAD NACIONAL DE ROSARIO. CIENCIAS EXACTAS, INGENIERÍA Y AGRIMENSURA.

BEATRIZ ANDRÉS, RAQUEL SANCHIS, RAUL POLER, MODELADO Y SIMULACIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO CON ANYLOGIC, ESPAÑA: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA. INSTITUTO UNIVERSITARIO DE MATEMÁTICA PURA Y APLICADA. 2016.

ANDALUCIA EMPRENDE, FUNDACIÓN PÚBLICA ANDALUZA, CADENA DE VALOR. 10 DE SEPTIEMBRE 2015.

MICHAEL E. PORTER, PH.D., UNIVERSIDAD DE HARVARD.

MARMOLEJO, SANTANA, GRANILLO, Y PIEDRA, LA SIMULACIÓN CON FLEXSIM, UNA FUENTE ALTERNATIVA PARA LA TOMA DE DECISIONES EN LAS OPERACIONES DE UN SISTEMA HÍBRIDO, MÉXICO: INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL. MARZO 2013

PAGINA WEB. [HTTPS://WWW.CRECENEGOCIOS.COM/CONCEPTO-DE-CALIDAD/](https://www.crecenegocios.com/concepto-de-calidad/)

DIEZ DE CASTRO, ENRIQUE, DISTRIBUCIÓN COMERCIAL, P 3.

MONTOYA A., Y MARCO M., PROCESOS DE PRODUCCIÓN. 2012.

ALI, G. (2014). SUPPLY CHAIN MANAGEMENT IN CONSTRUCTION INDUSTRY. ADVANCES IN MANAGEMENT, 7(8), 17-22. RETRIEVED FROM [HTTPS://SEARCH-PROQUEST-COM.EZPROXYUCDC.UCATOLICA.EDU.CO/DOCVIEW/1550829450?ACCOUNTID=45660](https://search-proquest-com.ezproxyucdc.ucatolica.edu.co/docview/1550829450?accountid=45660)

BADENHORST, J. A., MAURER, C., & BREVIS-LANDSBERG, T. (2013). DEVELOPING MEASURES FOR THE EVALUATION OF INFORMATION FLOW EFFICIENCY IN SUPPLY CHAINS. JOURNAL OF TRANSPORT AND SUPPLY CHAIN MANAGEMENT, 7(1) DOI:[HTTP://DX.DOI.ORG.EZPROXYUCDC.UCATOLICA.EDU.CO:2048/10.4102/JTSCM.V7I1.88](http://dx.doi.org.ezproxyucdc.ucatolica.edu.co/2048/10.4102/JTSCM.V7I1.88).

BILBAO, F. I. (2003). INFORMACIÓN, TECNOLOGÍA Y CADENA DE SUMINISTRO. BOLETÍN DE ESTUDIOS ECONÓMICOS, 58(179), 297-314. RETRIEVED FROM [HTTPS://SEARCH-PROQUEST-COM.EZPROXYUCDC.UCATOLICA.EDU.CO/DOCVIEW/1348771987?ACCOUNTID=45660](https://search-proquest-com.ezproxyucdc.ucatolica.edu.co/docview/1348771987?accountid=45660).

CRUZ, O., & SANTOS, R. (2013). ASSIGNMENT OF STORAGE ALLOCATIONS BASED ON SIMULATION - ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS. IIE ANNUAL CONFERENCE. PROCEEDINGS, , 2864-2873. RETRIEVED FROM [HTTPS://SEARCH-PROQUEST-COM.EZPROXYUCDC.UCATOLICA.EDU.CO/DOCVIEW/1471961647?ACCOUNTID=45660](https://search-proquest-com.ezproxyucdc.ucatolica.edu.co/docview/1471961647?accountid=45660).

DR. HANAA EL SAYED. (2013). SUPPLY CHAIN KEY PERFORMANCE INDICATORS ANALYSIS. . INTERNATIONAL JOURNAL OF APPLICATION OR INNOVATION IN ENGINEERING & MANAGEMENT (IJAIEEM)